ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 30 AVRIL 1906.

PRÉSIDENCE DE M. H. POINCARÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des diphényle ou alcoylphényle camphométhane et méthylène* $C^8H^{14}\langle{}^{CH - CH\langle{}^{R}_{R'}}_{CO}$ *et* $C^8H^{14}\langle{}^{C = C\langle{}^{R}_{R'}}_{CO}$. Note de MM. **A. Haller** et **E. Bauer** (1).

La préparation des benzylbornéols secondaires et tertiaires et de leurs produits de déshydratation, les benzylcamphènes, nous a conduit à tenter celle des dibenzyle, phénylbenzyle et alcoylbenzylbornéols tertiaires. Ces dérivés devaient prendre naissance en traitant le benzylcamphre par les composés organomagnésiens du benzyle, du phényle et des radicaux C^nH^{2n+1}.

$$C^8H^{14}\langle{}^{CH.CH^2.C^6H^5}_{CO} + Mg\langle{}^{Br}_{R} = C^8H^{14}\langle{}^{CH.CH^2.C^6H^5}_{C\langle{}^{OMgBr}_{R}}$$

$$C^8H^{14}\langle{}^{CH.CH^2.C^6H^5}_{C\langle{}^{OMgBr}_{R}} + H^2O = C^8H^{14}\langle{}^{CH.CH^2C^6H^5}_{C\langle{}^{OH}_{R}} + Mg\langle{}^{OH}_{Br}.$$

Toutes les tentatives faites pour réaliser ces synthèses ont jusqu'à présent échoué.

---

(1) A. HALLER et E. BAUER, *Comptes rendus*, t. CI.

L'aptitude réactionnelle du groupement cétonique CO se trouve, sans doute, atténuée par le voisinage d'un atome de carbone tertiaire *a* et d'un autre atome de carbone quaternaire *b* :

$$\begin{array}{l} CH^2\text{———}CH - C^{(a)}H - CH^2 - C^6H^5. \\ \;|\qquad\quad\;\; | \qquad\quad\;\; | \\ \;|\quad CH^3 - C\,CH^3 \;\; | \\ \;|\qquad\quad\;\; | \qquad\quad\;\; | \\ CH^2\text{———}C^{(b)} - CO \\ \qquad\qquad\; | \\ \qquad\quad\; CH^3 \end{array}$$

Devant cet insuccès, nous avons fait agir les mêmes composés organo-magnésiens sur le benzylidène camphre, dans l'espoir d'obtenir les composés

$$C^8H^{14}\begin{cases} C = CH - C^6H^5 \\ \;|\quad R \\ C < OH \end{cases}$$

qu'une réduction aurait convertis en les dérivés cherchés.

Mais, contre toute attente, la réaction ne s'est pas accomplie suivant le sens désiré. Au lieu d'obtenir des alcools tertiaires non saturés, susceptibles de perdre une molécule d'eau sous l'influence des déshydratants, nous avons isolé des combinaisons saturées qui ne perdent pas d'eau quand on les chauffe avec les acides formique, pyruvique ou phtalique.

De plus, elles ne sont que faiblement attaquées par les agents oxydants comme le permanganate de potassium, alors que dans les mêmes conditions d'oxydation le benzylidène camphre se scinde nettement en acides benzoïque et camphorique.

L'analyse de tous les corps, préparés par cette voie, ayant toutefois montré qu'il y a fixation du radical hydrocarboné de l'organomagnésien sur le benzylidène camphre, il a fallu déterminer la constitution de ces composés et interpréter leur genèse.

Pour cette recherche, nous nous sommes adressés à celui que l'on obtient le plus facilement à l'état bien cristallisé, au produit de l'action du bromure de phénylmagnésium sur le benzalcamphre qui, à l'analyse, nous a donné des chiffres conduisant à la formule $C^{23}H^{26}O$.

Or, ce composé ne diffère du *diphénylcamphocarbinol* de Mlle Signe M. Malmgren (1) que par un atome d'oxygène en moins.

Le problème consistait donc à déshydrater ce carbinol, à hydrogéner

(1) Signe M. Malmgren, *Deut. Chem. Gest*, t. XXXVI, p. 2632.

ensuite le dérivé non saturé obtenu pour le comparer avec le produit d'addition du phényle avec le benzylidène camphre.

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH\,.\,C\begin{array}{l}/OH\\ -C^6H^5\\ \backslash C^6H^5\end{array}\\ |\\ CO\end{array}\right. \longrightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = C<\begin{array}{l}C^6H^5\\ C^6H^5\end{array}\\ |\\ CO\end{array}\right. \longrightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH\,.\,CH<\begin{array}{l}C^6H^5\\ C^6H^5\end{array}\\ |\\ CO\end{array}\right.$$

Cet alcool, préparé suivant les indications de l'auteur, donne par déshydratation avec l'acide formique ou l'acide pyruvique, principalement un isomère fondant à 200° et soluble dans la potasse, à côté de petites quantités du dérivé non saturé cherché.

Ce même dérivé, entrevu seulement par Mlle Malmgren, a aussi été isolé des produits secondaires de la préparation du carbinol.

En présence des difficultés qu'offrait l'obtention de notables quantités de ce composé non saturé, nous l'avons produit en faisant agir de la benzophénone sur le camphre sodé. Ce mode de formation est analogue à celui du benzylidène camphre.

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CHNa\\ |\\ CO\end{array}\right. \text{ ou } C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH\\ \|\\ CONa\end{array}\right. + (C^6H^5)^2CO = NaHO + C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = C<\begin{array}{l}C^6H^5\\ C^6H^5\end{array}\\ |\\ CO\end{array}\right..$$

Le dérivé isolé et purifié était identique par l'ensemble de ses propriétés à celui obtenu par déshydratation du carbinol.

Traité enfin en solution alcoolique par de l'amalgame de sodium, il fournit le composé saturé $C^{23}H^{26}O$ avec le même point de fusion.

L'identité des deux corps ainsi établie, on peut conclure que dans l'action du bromure de phénylmagnésium sur le benzylidène camphre, le radical phényle se fixe sur le groupe méthylène pour donner du diphénylcamphométhane.

Il en est naturellement de même des autres organomagnésiens qu'on fait agir sur le benzalcamphre, de sorte que la réaction peut se traduire par l'équation :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CHC^6H^5\\ |\\ CO\end{array}\right. + RMgRr = C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C - CH<\begin{array}{l}R\\ C^6H^5\end{array}\\ \|\\ CO - MgBr\end{array}\right..$$

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C - CH<\begin{array}{l}R\\ C^6H^5\end{array}\\ \|\\ COMgBr\end{array}\right. + H^2O = C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH - CH<\begin{array}{l}R\\ C^6H^5\end{array}\\ |\\ CO\end{array}\right. + Mg<\begin{array}{l}Br\\ OH\end{array}.$$

Cette réaction présente la plus grande analogie avec celles observées, au

cours de ses recherches, par M. Kohler (1) et ses collaborateurs, avec divers composés non saturés de la série grasse et de la série aromatique et les dérivés organomagnésiens.

Préparation des combinaisons $C^8H^{14}<\begin{matrix}CH.CH<\begin{matrix}R\\C^6H^5\end{matrix}\\|\\CO\end{matrix}$.

On prépare une solution éthérée de la combinaison organomagnésienne en suivant les indications de M. Grignard, et on la fait agir sur une solution éthérée de benzylidène camphre en quantité légèrement inférieure à la quantité théorique. Le mélange est chauffé dans un appareil à reflux pendant huit à dix heures, et, après refroidissement, traité par de l'eau acidulée. On décante la liqueur éthérée, on distille l'éther et le résidu est fractionné dans le vide.

Méthylphénylcamphométhane $C^8H^{14}<\begin{matrix}CH\,CH<\begin{matrix}CH^3\\C^6H^5\end{matrix}\\|\\CO\end{matrix}$.

Le produit distillé se prend rapidement en masse et donne des cristaux blancs solubles dans l'alcool, la benzine, l'éther et fondant à 70-71°.

Il ne se combine pas à l'acide formique et, chauffé avec cet acide, il reste inaltéré.

La solution dans l'acétone, traitée par du permanganate de potasse, ne fournit aucune production d'oxydation.

Il ne se combine pas à la semicarbazide.

L'éthylphénylcamphométhane $C^8H^{14}<\begin{matrix}CH.CH<\begin{matrix}C^2H^5\\C^6H^5\end{matrix}\\|\\CO\end{matrix}$ se présente sous la forme de cristaux blancs fondant à 80° et possède les mêmes propriétés générales que son homologue inférieur.

Benzylphénylcamphométhane $C^8H^{14}<\begin{matrix}CH.CH<\begin{matrix}CH^2C^6H^5\\C^6H^5\end{matrix}\\|\\C^6H^5\end{matrix}$.

Parmi les produits de la réaction de la combinaison organomagnésienne du chlorure de benzyle sur le benzylidène camphre, on isole toujours du dibenzyle.

Le benzylphénylcamphométhane constitue une huile épaisse distillant à 230° sous $10^m/_m$. Son pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu $[\alpha]_D = +90°.49'$.

---

(1) E. P. KOHLER, *Am. Chem. Journ.*, t. XXXI, p. 642 (1904); t. XXXIII, p. 21, 35, 153, 334; p. 34, 133, 158 (1905).

Dyphénylcamphométhane $C^8H^{14}\Big\langle\begin{array}{l}CH.CH<\begin{array}{l}C^6H^5\\ C^6H^5\end{array}.\\ \mid \\ CO\end{array}$

Ainsi qu'il a été dit plus haut, ce composé s'obtient : 1° par action directe du bromure de phénylmagnésium sur une solution éthérée de benzylidène camphre; 2° par réduction, au moyen de l'amalgame de sodium du diphénylcamphométhylène.

A part des différences observées dans les pouvoirs rotatoires des solutions alcooliques, les dérivés obtenus par les deux méthodes ont le même point de fusion de 106-107.

Ils se présentent sous la forme de cristaux blancs, bien définis, dont les pouvoirs rotatoires, en solution alcoolique, varient avec l'origine.

Un échantillon préparé avec l'organomagnésien a accusé le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +62°$. D'autres, obtenus par réduction du diphénylcamphométhylène, ont montré respectivement les pouvoirs rotatoires $[\alpha]_D = +80°.10'$ et $+40°29'$.

Étant donné la constitution de ce dérivé qui renferme deux atomes de carbone assymétrique, il est certain qu'il peut exister sous plusieurs formes. Nous nous proposons d'ailleurs de revenir sur ce composé.

Diphénylcamphométhylène $C^8H^{14}\Big\langle\begin{array}{l}C=C<\begin{array}{l}C^6H^5\\ C^6H^5\end{array}.\\ \mid \\ CO\end{array}$

1. Préparation au moyen de la benzophénone et du camphre sodé.

Une molécule de camphre, dissoute dans l'éther, est chauffée avec de l'amidure de sodium finement pulvérisé. Quand presque tout l'amidure a disparu, on ajoute au dérivé sodé une molécule de benzophénone en solution éthérée. La réaction, d'abord assez violente, se calme peu à peu, et on la termine en chauffant le mélange pendant 4 à 5 heures. On laisse refroidir et l'on décompose par l'eau. La liqueur éthérée est distillée à la pression ordinaire et le résidu est fractionné dans le vide.

Les premières portions qui passent sont constituées par de la benzophénone et du camphre non entrés en réaction ; puis vers 250° (sous 15 $^m/_m$) il distille un liquide jaune qui se prend rapidement en masse. Après cristallisation dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole, on obtient finalement le produit sous la forme de magnifiques octaèdres jaunes fondant à 113°.5 et dont la composition répond à la formule indiquée.

Son pouvoir rotatoire dans l'alcool $[\alpha]_D = +287°$, c'est-à-dire inférieur à celui que donne le benzylidènecamphre, qui est de $[\alpha]_D = +425°$.

Nous n'avons jusqu'à présent pas réussi à le combiner à l'acide bromhydrique dissout dans l'acide acétique cristallisable.

2. Préparation au moyen du diphénylcamphocarbinol.

Comme l'a indiqué Mlle Malmgren, ce carbinol prend naissance quand on traite la combinaison organomagnésienne du camphre monobromé par de la benzophénone. Le mélange, après avoir été chauffé pendant vingt-quatre heures et refroidi, abandonne des croûtes cristallines qu'on sépare de la liqueur éthérée surnageante. Cette partie cristalline donne après traitement et du premier jet de magnifiques cristaux blancs fondant à 122°.5 et possédant, en solution alcoolique, le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +62°49'$.

Quant à la liqueur éthérée, elle fournit, après distillation et rectification dans le vide, d'abord du bromocamphre et de la benzophénone, et finalement une huile fortement colorée en jaune, passant au-dessus de 200° (sous 15 $^m/_m$). Cette huile, abandonnée à elle-même, ne tarde pas à se prendre en masse. Une série de cristallisations dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole permet d'obtenir le corps cherché à l'état pur, sous la forme de beaux cristaux fondant à 113°.5 et ressemblant en tous points à ceux préparés par le premier procédé.

La déshydratation du diphénylcamphocarbinol a été effectuée en le chauffant à 100° avec de l'acide formique anhydre ou avec de l'acide pyruvique. On obtient une masse solide, qu'on essore et qu'on fait cristalliser dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole. Il se sépare un corps blanc fondant à 200°, et ce n'est que dans les eaux mères jaunes qu'on trouve, à la suite d'une série de cristallisations fractionnées, de petites quantités du produit de déshydratation normal fondant à 113°.5, et possédant, en solution alcoolique, le même pouvoir rotatoire que celui signalé plus haut.

Le corps blanc, de point de fusion 200°, est le produit principal qui se forme dans l'action des déshydratants sur l'alcool tertiaire, et possède la même composition centésimale que cet alcool $C^{23}H^{26}O^2$. Il se dissout dans la potasse alcoolique bouillante, et par addition d'eau on obtient un sel de potassium blanc qui se précipite. Ce sel, insoluble dans les liqueurs alcalines, est soluble dans l'eau pure. Les solutions, traitées par un acide, régénèrent le composé primitif fondant à 200°.

Nous nous proposons de continuer l'étude de l'ensemble de ces dérivés, et en particulier celle de ce dernier composé qui semble être une lactone.

ÉNERGÉTIQUE BIOLOGIQUE. — *Rapports simples des « actions statiques » du muscle avec l'énergie qui les produit*, par M. **A. Chauveau**.

J'ai à fournir sur le *travail musculaire* des résultats nouveaux tendant à établir l'unification complète de la théorie des moteurs animés et des moteurs inanimés. Il est indispensable auparavant d'écarter les objections de principes que des mécaniciens distingués, faute de compétence physiologique, ont opposées à l'une de mes déterminations fondamentales sur le moteur-muscle.

De l'ensemble de mes recherches antérieures, il ressort que la dépense énergétique consacrée aux travaux physiologiques de l'organisme animal, c'est-à-dire à l'entretien de ses activités diverses, se traduit, dans le tissu musculaire, par la création d'une *force :* la *force* élastique de l'état de *contraction*.

C'est là une particularité heureuse du tissu musculaire — heureuse pour les spéculations de la philosophie générale des sciences. Il est bon que l'acquisition d'une propriété physique aussi connue que l'*élasticité*, aussi facile à étudier, caractérise, d'une manière simple et nette, l'état d'*activité* ou de *contraction* du muscle. Cette *élasticité*, à coefficient essentiellement variable, subordonné à la valeur de ses processus excitateurs, et la *force*, d'intensité non moins variable, qui en résulte pour le muscle, se substituent tout naturellement, d'une manière très avantageuse, au phénomène même de la contraction, lorsqu'on a à raisonner du muscle en tant que machine motrice.

La valeur de la *force élastique* du muscle en *contraction statique* s'apprécie, comme celle de toutes les autres forces, à la valeur du *poids* que cette *force élastique* peut équilibrer. L'expérience enseigne que, dans les limites de la puissance du muscle en travail, la *force élastique* qu'y crée l'état de *contraction fixe* ou *statique* peut prendre, sous l'influence de la volonté ou par l'effet d'un certain automatisme, toutes les valeurs imaginables. Aucune ne fait défaut à son moyen de mesure : des plus faibles aux plus fortes, ces valeurs s'expriment toujours par celles des poids antagonistes avec la plus impeccable précision.

Ainsi, les rapports les plus simples existent nécessairement entre la *force élastique* et l'*effet* qu'on demande à cette force de produire. La *force* est égale

à son *effet*, c'est-à-dire au *poids* qu'elle équilibre : il serait puéril d'insister sur un truisme si bien caractérisé.

Quant aux rapports qui unissent la *force élastique* inhérente à l'état de contraction et l'*énergie* créatrice de cette *force*, j'ai démontré, par des faits irrécusables, recueillis dans plusieurs séries d'expériences qui ont été des plus longues et des plus laborieuses, que ces rapports sont, eux aussi, *chez le même sujet*, de la plus grande simplicité. Je les résume dans les propositions suivantes :

1° *L'énergie créatrice de la force avec laquelle le muscle équilibre un poids donné est toujours proportionnelle à ce poids ;*

2° *Elle est aussi nécessairement proportionnelle au temps pendant lequel la force élastique du muscle reste créée et agit sur le poids que cette force équilibre ;*

3° *En donnant le nom de « travail statique » au produit de la force musculaire soutenant un poids par le temps consacré à cette sustentation, on peut dire, avec la plus grande correction, que l'énergie consacrée à l'exécution du « travail statique » des muscles est toujours proportionnelle à ce travail, pourvu qu'il s'effectue sans fatigue.*

J'aurais pu me passer de cette troisième proposition, qui reproduit purement et simplement les deux autres, en les fusionnant. Mais il y avait intérêt, en raison de la forme donnée aux objections présentées contre la simplicité que j'attribue aux rapports unissant l'*énergie créatrice* à la *force créée*, dans le muscle auquel on demande des *actions statiques*, à mettre directement celles-ci, sous le nom de *travail statique*, en présence de l'énergie qui y pourvoit.

Ce ne sont pas les physiologistes proprement dits qui ont introduit le *travail statique* dans le langage de l'énergétique musculaire. L'idée en vient du Rév. Samuel Haughton qui, à l'exemple du mathématicien Borelli, a appliqué ses connaissances mécaniques à l'étude des mouvements de l'homme et des animaux. Les mécaniciens sont en général hostiles à cette expression. Mais elle est plus en faveur auprès des physiologistes-physiciens, parce qu'ils ont toute compétence pour s'apercevoir que cette expression est parfaitement adéquate au fait physiologique important qu'elle désigne.

De ce qu'on peut s'en passer, il ne s'ensuit pas qu'il y ait avantage à le faire. C'est tout le contraire qu'il faut penser. On le verra surtout plus tard. Mais, dès maintenant, les *actions* parfaitement déterminées, que définit l'expression *travail statique*, s'accommodent très bien de cette désigna-

tion, dans la comparaison qu'il y a à faire de ces *actions* avec l'*énergie* d'où elles dérivent.

On a parlé d'impossibilités scientifiques à la rencontre constante de rapports simples entre la valeur du *travail statique* et celle de l'*énergie* qui en est la source. Tous les faits d'ordre physiologique, recueillis en nombre considérable, particulièrement sur l'espèce humaine, protestent contre cette manière de voir. Ce sont, en effet, des faits précis et d'une constance absolument régulière qui m'ont permis d'attribuer la plus parfaite simplicité aux rapports de l'*énergie créatrice* et de la *force créée*, dans le muscle en état de *travail statique*. Ces faits ne laissent absolument rien à désirer au point de vue de leur exactitude. Ils procèdent de deux méthodes.

N° 1. — *Les premiers en date sont les faits par lesquels on a montré que l'échauffement des muscles en contraction statique est proportionnel au poids de la charge soutenue par ces muscles.*

Avec cette méthode, la valeur relative de la *dépense énergétique*, créatrice du *travail statique*, était appréciée d'après les excédents de chaleur sensible libérée dans le processus thermo-chimique qui provoque la mise en jeu de toutes les activités organiques.

N° 2. — Une deuxième méthode, plus précise, a permis de déterminer la valeur de la dépense d'énergie par la quantité d'oxygène que les sujets absorbent en plus pour brûler le potentiel dont la dépense est exigée par la mise en activité des muscles qui ont à exécuter du *travail statique* ou des *actions statiques*.

Or, tous les faits recueillis dans ces nouvelles déterminations expérimentales ont démontré que la quantité d'oxygène absorbé en plus pour parer à la dépense énergétique qu'exige l'exécution du dit « travail statique » est exactement proportionnelle à ce « travail statique », c'est-à-dire au poids soutenu par les muscles et à la durée du soutien.

Il est permis de se demander comment des démonstrations aussi rigoureuses n'ont pas réussi à prévenir les doutes émis sur l'existence habituelle de rapports simples et absolument constants, entre la *dépense énergétique* du muscle et ses *actions statiques* ou, autrement dit, son *travail statique*.

Ces doutes résultaient de déductions tirées des conditions de fonctionnement des moteurs mécaniques. Elles ne s'imposaient pas : j'aurai à le démontrer plus tard. En tout cas, il convenait de tenir compte des conditions spéciales dans lesquelles se dépense l'énergie préposée à la création des

travaux physiologiques de l'organisme, particulièrement de ceux du moteur-muscle. On ne l'a pas fait, ou plutôt on ne l'a fait que dans une mesure très incomplète, témoignant bien d'une méconnaissance très grande du processus qui subvient aux besoins énergétiques de l'économie animale.

La contradiction ne s'est pas, toutefois, manifestée toujours avec intransigeance. J'ai eu le plaisir de constater, dans le passage suivant d'une Note à l'Académie (*Comptes Rendus*, t. CXXXVIII, p. 1481. — *Énergie en jeu dans les actions statiques*. Note de M. Liébert, présentée par M. Maurice Lévy), que l'auteur soupçonne avec beaucoup de discernement l'existence de ces conditions spéciales qui expliqueraient la rencontre de cas dans lesquels l'*énergie* dépensée dans un *effort statique* serait proportionnelle à cet effort :

« Dans une communication (*Comptes Rendus*, 24 mai 1904), M. Ernest Solvay, à l'occasion des expériences de M. le professeur Chauveau, sur l'énergie musculaire, montre clairement qu'il n'y a, en général, aucune relation simple entre l'énergie mise en jeu dans les actions statiques et ces actions. Mais il peut se présenter aussi des cas où l'effort est exactement proportionnel à l'énergie, et il semble que ce sont précisément ces cas que M. Chauveau a cherché à réaliser. »

Ce passage appelle une rectification qui a son importance. Je n'ai pas eu à chercher la réalisation de cas où l'énergie dépensée fût exactement proportionnelle à l'effort demandé au muscle, pour en obtenir une *action* ou un *travail statique* déterminé. Les circonstances où il en est ainsi se trouvent réalisées tout naturellement sur les sujets d'expériences, dans les recherches d'énergétique biologique. Chez eux, en effet, *il ne peut pas se présenter de cas où l'énergie consacrée à la création d'une action quelconque, statique, dynamique ou de tout autre caractère, ne soit exactement proportionnelle à la force créée pour effectuer cette action. Jamais il ne se présente une condition où la dépense d'énergie puisse obéir à une autre loi, par exemple, se montrer proportionnelle au produit de l'effort par sa racine carrée, ce qui, du reste, serait encore une relation simple entre l'énergie créatrice et la force créée.*

Pourquoi cette proportionnalité de la dépense énergétique et de la force qui en résulte s'impose-t-elle à l'organisme animal d'une manière aussi rigoureusement nécessaire?

A la base même de l'explication à donner se place un grand fait. Le métabolisme chimique, source de l'énergie mise à la disposition de l'organisme pour pourvoir à toutes ses activités, se réduit, en dernière analyse, de

par les lois de Berthelot sur la thermo-chimie, à un simple phénomène de combustion.

On démontre, en effet, dans les laboratoires bien outillés pour faire de la bonne calorimétrie, qu'avec les sujets en équilibre de nutrition, la chaleur produite dans l'appareil est quasi-équivalente à la chaleur qui serait résultée de la combustion directe des aliments assimilés. Ainsi, suivant l'heureuse conception de M. Berthelot, il n'y a pas à tenir compte des nombreux processus chimiques de détail qui s'interposent entre la condition de l'*état initial* et celle de l'*état final*. L'expérience enseigne qu'alors les choses se passent, au point de vue énergétique, comme si le potentiel alimentaire était brûlé directement par l'oxygène dans l'organisme animal.

Or, dans le processus transformateur ainsi simplifié, la valeur de l'énergie libérée pour les besoins des travaux physiologiques intérieurs ne dépend que de deux facteurs :

1° *La différence de valeur qui existe entre la chaleur de combustion du potentiel originel et celle de ses résidus.* Avec l'identité imposée aux conditions des expériences, ce facteur reste nécessairement invariable; il peut donc être négligé lorsqu'on ne cherche que des relations et non des déterminations absolues;

2° *La quantité de ce potentiel originel, auquel l'oxygène absorbé dans les échanges respiratoires fait subir une combustion complète ou incomplète.* C'est là le facteur variable du processus énergétique, celui qui s'adapte aux besoins d'énergie de l'organisme. La valeur de cette consommation de potentiel, ou plutôt celle de l'oxygène qui en est l'agent, suit donc une marche parallèle à celle de l'activité des organes élémentaires, agents du travail physiologique : tels ceux du muscle en contraction statique pour le soutien d'une charge.

Ainsi, l'excédent d'oxygène absorbé pendant ce travail des organes élémentaires en donne immédiatement la valeur proportionnelle. Ce qui revient à dire que les « actions statiques » du tissu musculaire exigent pour leur production une quantité d'énergie nécessairement proportionnelle à leur propre valeur.

D'où il suit qu'à l'impossibilité des rapports constamment simples entre les « actions statiques » de la contraction musculaire et l'énergie qui les produit se substitue l'impossibilité contraire, c'est-à-dire l'inévitable nécessité de ces rapports simples.

Cette conclusion démontre que les lois de la mécanique du muscle, qu'on

doit *a priori* considérer comme une émanation directe des principes fondamentaux de la mécanique rationnelle, ne sauraient cependant être soustraites à la dépendance étroite dans laquelle elles se trouvent vis-à-vis des concepts généraux de l'énergétique biologique.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les variétés doublement infinies de points d'une quadrique de l'espace à quatre dimensions applicables sur un plan.* Note de M. **C. Guichard.**

Je laisse de côté ici les quadriques spéciales; je suppose l'équation de la quadrique ramenée à la forme :

(1) $$x_1'^2(1+p^2)+x_2'^2(1+q^2)+x_3'^2(1+r^2)+x_4'^2=1.$$

Soit $A(x_1', x_2', x_3', x_4')$ un point de cette quadrique qui décrit un système doublement infini applicable sur un plan; en général, on pourra choisir les variables indépendantes u et v de telle sorte que A décrive un réseau. (Les solutions de la question qui correspondent au cas d'exception ne présentent aucun intérêt.)

Tout réseau A de la quadrique est 4O, les coordonnées complémentaires étant px_1', qx_2', rx_3', si maintenant on pose :

(2) $$x_2=\sqrt{1+p^2}\,x_1' \quad x_2=\sqrt{1+q^2}\,x_2' \quad x_3=\sqrt{1+r^2}\,x_3' \quad x_4=x_1',$$

le point $B(x_1, x_2, x_3, x_4)$ décrit un réseau O.

La loi d'orthogonalité des éléments fait correspondre à B un réseau $C(X_1, \ldots, X_4)$ qui est applicable sur un réseau plan $M(Y_1, Y_2)$.

On vérifie facilement que le réseau D orthogonal au réseau A a pour coordonnées :

(3) $$X_1'=X_1\sqrt{1+p^2} \quad X_2'=X_2\sqrt{1+q^2} \quad X_3'=\sqrt{1+r^2} \quad X_4'=X_4$$

et, par conséquent, D sera applicable sur un réseau de l'espace à cinq dimensions qui a pour coordonnées :

(4) $$Y_1, \quad Y_2, \quad pX_1=\frac{p}{\sqrt{1+p^2}}X_1', \quad qX_2=\frac{q}{\sqrt{1+q^2}}X_1', \quad rX_3=\frac{r}{\sqrt{1+r^2}}X_3'$$

le réseau D et le réseau sur lequel il est applicable ont trois coordonnées proportionnelles.

Cette propriété existe quel que soit le réseau A de la quadrique; si A est applicable sur un réseau plan y_1, y_2, le réseau (B) sera applicable sur le réseau (E) qui a pour coordonnées :

$$(5)\qquad y_1,\quad y_2,\quad \frac{p}{\sqrt{1+p^2}}x_1,\quad \frac{q}{\sqrt{1+q^2}}x_2,\quad \frac{r}{\sqrt{1+r^2}}x_3;$$

donc :

Le problème posé revient à la recherche des réseaux O de l'espace à quatre dimensions applicables sur un réseau de l'espace à cinq dimensions, les deux réseaux applicables étant tels que trois coordonnées de l'un ne diffèrent que par un facteur constant de trois coordonnées de l'autre.

Remarque I. Le réseau A étant applicable sur un plan, le réseau D qui lui correspond par orthogonalité des éléments est O; ce réseau possède donc les mêmes propriétés que le réseau B; *l'application de la loi d'orthogonalité fournit donc une nouvelle solution du problème.*

Remarque II. Désignons par y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 les coordonnées de E. On aura :

$$x_1 = \frac{\sqrt{1+p^2}}{p}y_5 \qquad x_2 = \frac{\sqrt{1+q^2}}{q}y_4 \qquad x_3 = \frac{\sqrt{1+r^2}}{r}y_3$$

et, par conséquent, le réseau F qui a pour coordonnées

$$(6)\qquad y_1,\quad y_2,\quad \frac{i}{p}y_3,\quad \frac{i}{q}y_4,\quad \frac{i}{r}y_5$$

est applicable sur le réseau à une dimension x_4. On obtient donc ainsi les réseaux I tracés sur la quadrique :

$$y_1'^2 + y_2'^2 - p^2y_3'^2 - q^2y_4'^2 - r^2y_5'^2 = 1.$$

Aux réseaux applicables B et E on fait correspondre des déterminants O, Δ et Δ' :

$$(7)\qquad \Delta = \begin{vmatrix} x_1 & \dots & x_4 \\ y_1 & \dots & y_4 \\ \xi_1 & \dots & \xi_4 \\ \gamma_1 & \dots & \gamma_4 \end{vmatrix} \qquad \Delta' = \begin{vmatrix} x_1' & \dots & x_5' \\ y_1' & \dots & y_5' \\ z_1' & \dots & z_5' \\ \xi_1' & \dots & \xi_5' \\ \eta_1' & \dots & \eta_5' \end{vmatrix}$$

ayant pour rotations

$$\Delta\begin{pmatrix} a & e & m \\ b & f & n \end{pmatrix} \qquad \Delta'\begin{pmatrix} A & E & G & m \\ B & F & K & n \end{pmatrix}$$

et dans lesquels

$$(8)\qquad \begin{cases} \xi'_1 = \dfrac{p}{\sqrt{1+p^2}}\xi_1 & \xi'_2 = \dfrac{q}{\sqrt{1+q^2}}\xi_2 & \xi'_3 = -\dfrac{r}{\sqrt{1+r^2}}\xi_3 \\ \eta'_1 = \dfrac{p}{\sqrt{1+p^2}}\eta_1 & \eta'_2 = -\dfrac{q}{\sqrt{1+q^2}}\eta_2 & \eta'_3 = \dfrac{r}{\sqrt{1+r^2}}\eta_2. \end{cases}$$

Première transformation du problème. Je prends une combinaison isotrope des deux premières lignes de Δ, par exemple la suivante :

$$(9)\qquad X_1 = x_1 + iy_1 \quad X_2 = x_2 + iy_2 \quad X_2 = x_3 + iy_3 \quad X_4 = x_4 + iy_4.$$

Je détermine ensuite $Y_1, \ldots, Y_5$ par les quadratures :

$$(10)\qquad \frac{dY_k}{\partial_u} = (a+ie)\xi'_k \qquad \frac{dY_k}{\partial_v} = (b+if)\eta'_k.$$

On posera ensuite :

$$(11)\qquad Y_6 + iY_7 = -\sum_1^5 Y_k^2 \qquad Y_6 - iY_7 = 1.$$

On aura :

$$(12)\qquad \begin{cases} Y_1 = \dfrac{p}{\sqrt{1+p^2}}X_1 & Y_2 = \dfrac{q}{\sqrt{1+q^2}}X_2 & Y_3 = \dfrac{r}{\sqrt{1+r^2}}X_z \\ \Sigma X^2 = \Sigma Y^2 = 0 & \Sigma dX^2 = \Sigma dY^2. \end{cases}$$

Cela posé, soit θ une combinaison linéaire isotrope de Y_4, Y_5, Y_6, Y_7; considérons les points B′ et E′ qui ont pour coordonnées :

$$B'\left(\frac{X_k}{\theta}\right), \qquad E'\left(\frac{Y_k}{\theta}\right).$$

Ces points décrivent des réseaux 0 applicables; on pourra supprimer deux des coordonnées de E′, enfin les trois premières coordonnées de E′ ne diffèrent que par un facteur constant des trois premières coordonnées de B′. Autrement dit, le système (B′) (E′) est analogue au système (B) (E). On obtient donc une transformation du problème.

Il importe de remarquer qu'on peut former les nouveaux déterminants Δ et Δ' qui correspondent aux réseaux B′ et E′. Je ne développerai pas le calcul qui est très simple, mais qui donnerait à cette note une trop grande étendue. Il en résulte que les déterminants Δ et Δ' étant formés, on peut poursuivre indéfiniment la transformation en effectuant seulement les quadratures (10).

Seconde transformation du problème. Je forme une combinaison isotrope des trois premières lignes de Δ', par exemple la suivante :

(13) $$Y_1 = x'_1 + iy'_1 \qquad Y_2 = x'_2 + iy'_2 \ldots \qquad Y_5 = x'_5 + iy'_5,$$

je détermine X_1, X_2, X_3, X_4 par les quadratures :

(14) $$\frac{dX_k}{\partial_u} = (A + iE)\xi_k \qquad \frac{dX_k}{\partial_v} = (B + iF)\eta_k,$$

puis je pose :

(15) $$X_5 + iX_6 = -\sum_1^4 X_k^2 \qquad X_5 - iX_6 = 1.$$

On aura encore :

(16) $$\begin{cases} Y_1 = \dfrac{p}{\sqrt{1+p^2}} X_1 \qquad Y_2 = \dfrac{q}{\sqrt{1+q^2}} X_2 \qquad Y_3 = \dfrac{r}{\sqrt{1+r^2}} X_3 \\ \Sigma X^2 = \Sigma Y^2 = 0 \qquad \Sigma dX^2 = \Sigma dY^2. \end{cases}$$

Soit alors, θ, une combinaison isotrope de X_4, X_5, X_6, les points B″, E″ qui ont pour coordonnées :

$$B''\left(\frac{X_k}{\theta}\right), \qquad E''\left(\frac{Y_k}{\theta}\right),$$

décrivent des réseaux O applicables. On pourra supprimer deux des coordonnées de B″; le système B″, E″ est analogue au système B, E. On a une transformation du problème. Ici encore on pourra former les nouveaux déterminants Δ et Δ' qui correspondent à B″ et E″.

Relations entre le problème posé et la déformation des quadriques.

Je conserve les mêmes notations que dans la seconde transformation, et je pose :

$$X = Y_4 \pm iY_5.$$

Les points $M(z_1, z_2, z_3)$ et $N(t_1, \ldots, t_6)$ qui ont pour coordonnées :

$$z_k = \frac{Y_k}{X} \qquad t_k = \frac{X_k}{X},$$

décrivent des réseaux 0 applicables, et l'on a :

(17) $$z_1 = \frac{p}{\sqrt{1+p^2}} t_1 \qquad z_2 = \frac{q}{\sqrt{1+q^2}} t_2 \qquad z_3 = \frac{r}{\sqrt{1+r^2}} t_3,$$

et par conséquent les réseaux $M'(z'_1, z'_2, z'_3)$ et $N'(t_4, t_5, t_6)$ où l'on a :

(18) $$z'_1 = \frac{i}{p} z_1 \qquad z'_2 = \frac{i}{q} z_2 \qquad z'_3 = \frac{i}{r} z_3,$$

sont applicables. La propriété subsiste pour les réseaux parallèles; or, si l'on suppose :

$$z_1^2 + z_2^2 + z_3^2 = 1,$$

on aura :

$$(19) \qquad p^2 z_1'^2 + q^2 z_2'^2 + r^2 z_3'^2 = -1.$$

On a donc un moyen d'obtenir une déformée de la quadrique (19).

Remarque. Si l'on connaît le réseau A et le réseau plan sur lequel il est applicable on pourra former le déterminant Δ; on connaîtra, en outre, les deux dernières lignes du déterminant Δ'; pour former ce déterminant il faudra résoudre une équation de Riccati. On voit que pour amorcer les transformations indiquées dans cette note il suffit de résoudre au début une équation de Riccati, ensuite on pourra poursuivre indéfiniment ces transformations en effectuant seulement des quadratures. Il en est de même d'ailleurs de la transformation que j'ai indiquée dans mes précédentes notes sur la déformation des quadriques.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance, l'ouvrage suivant :

Meteorologische Optik, von **J. M. Pernter** (présenté par M. Mascart).

Astronomie physique. — *Contribution à l'étude du spectre infra-rouge.* Note de M. **Milan Stefanik,** présentée par M. J. Janssen.

Depuis 1880, où M. Herschell constata la présence d'une région infrarouge, jusqu'à nos jours, on peut classer les méthodes employées pour l'étude de cette partie du spectre en trois groupes : la méthode thermométrique, la méthode photographique et l'utilisation des phénomènes de phosphorescence. Aux deux premières méthodes sont attachés principalement les noms de Langley et d'Abney qui, sans en être les fondateurs, sont ceux qui les ont

le plus perfectionnées et ont obtenu les meilleurs résultats. L'emploi de la phosphorescence dans l'étude spectrale est dû à Becquerel.

Au cours des observations que j'ai faites pendant l'éclipse du 30 août 1905, en Espagne, j'ai remarqué que lorsque je plaçais un écran rouge foncé devant la fente de mon spectroscope, je pouvais voir très loin dans le spectre infra-rouge (1).

Au retour de cette expédition, M. Janssen ayant mis gracieusement à ma disposition les appareils nécessaires, j'ai pu reprendre ces recherches à l'observatoire de Meudon.

Le dispositif provisoire que j'ai employé est le suivant :

Le spectroscope est composé :

D'un collimateur à lentille achromatique de verre ;

De deux prismes à lames parallèles contenant, l'un de la benzine, l'autre du sulfure de carbone ;

D'une lunette ordinaire à objectif et oculaire en verre.

Ce spectroscope reçoit la lumière d'un miroir plan argenté à sa surface. L'image solaire est projetée sur la fente au moyen d'une lentille en verre.

Entre la lentille de projection et la fente est placé un écran qui est composé, soit de lames de verre recouvertes d'une couche de collodion teinté, soit de cuves à lames parallèles de verre contenant un liquide coloré.

J'ai utilisé successivement des solutions alcooliques de chrysoïdine, de vert malachite, de violet d'aniline, etc., et des mélanges divers de ces substances.

Les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque l'écran absorbait la totalité des radiations lumineuses du spectre, ne laissant passer que les rayons extrême-rouge et infra-rouge.

J'ai eu l'impression que la visibilité de l'infra-rouge devient ainsi meilleure, parce que la lumière diffusée par les pièces optiques du spectroscope et provenant des radiations lumineuses parasites du spectre est supprimée.

Cette propriété des écrans semble d'ailleurs générale et j'ai pu, à plusieurs reprises, remarquer que lorsqu'un écran ne laisse passer qu'une portion limitée du spectre, l'observation de cette région est favorisée par la diminution bien nette du fond lumineux sur lequel il se détache.

Malgré les nombreuses pièces optiques de verre qui entrent dans la composition de cet appareil et dont l'absorption est désavantageuse, j'ai pu observer et dessiner nettement le spectre jusqu'à 1^{μ}, dans certaines circonstances encore plus loin, quoique difficilement.

---

(1) J'ai signalé cette particularité dans une note des *Comptes rendus*, t. CXII, p. 585.

Le groupe Z est toujours très visible, ainsi que X; les raies π, ς, σ, τ le sont déjà plus rarement.

Des variations entre l'intensité relative de raies m'ont montré que quelques-unes sont d'origine tellurique. Je compte continuer ces recherches avec un appareil mieux approprié.

L'extrême-rouge visible qui, d'après l'Annuaire du Bureau des longitudes, était fixé à $0^{\mu},795$ est donc reporté, grâce à l'emploi des écrans, jusqu'à (au moins) $0^{\mu},900$.

Les avantages procurés par l'utilisation des écrans pour l'étude des protubérances ont été pour la première fois signalés par M. Janssen en 1869 (*Comptes rendus*, t. LVIII, p. 713). J'attire l'attention sur cette méthode surtout au point de vue des études spectrales, et spécialement pour celles de l'infra-rouge.

NOMOGRAPHIE. — *Sur un théorème de J. Clark.* Note de M. **Maurice d'Ocagne**.

Ayant remarqué que toute équation, à trois variables α_1, α_2, α_3, représentable en points alignés au moyen de *trois échelles rectilignes*, est de la forme

$$(1)\qquad Af_1f_2f_3 + \Sigma B_i f_j f_k + \Sigma C_i f_i + D = 0$$

où i, j, k est une des permutations circulaires de 1, 2, 3, et où chaque fonction f_i ne contient que la seule variable α_i de même indice, je me suis proposé inversement, étant donnée une équation de la forme (1), de reconnaître dans quel cas elle est représentable au moyen de trois échelles rectilignes *réelles*, et j'ai trouvé (1) que cela a lieu lorsque le discriminant Δ du premier membre de (1) n'est pas négatif (les trois échelles rectilignes étant concourantes ou non suivant que Δ est nul ou non).

Mais M. J. Clark a remarqué que lorsqu'on ne se borne pas, comme je l'avais fait, à n'envisager que des échelles rectilignes, on peut démontrer que l'équation (1) est, *dans tous les cas*, susceptible d'une représentation réelle en points alignés, le support de l'échelle correspondant à l'une des variables, arbitrairement choisie, étant rectiligne, et ceux des échelles correspondant aux deux autres variables étant *confondus en une même conique*.

(1) *Traité de Nomographie*, p. 438. Ce résultat avait été présenté précédemment à l'Académie (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 988, 1896).

Mon but est ici de faire voir comment la démonstration de ce beau théorème (énoncé sans démonstration par M. Clark au Congrès de Cherbourg de l'Association française pour l'avancement des sciences) peut se rattacher à l'analyse que j'ai donnée dans le cas des trois échelles rectilignes.

Conformément aux notations employées à l'endroit précité, je pose

$$F_0 = B_1C_1 + B_2C_2 + B_3C_3 - AD,$$
$$E_i = AC_i - B_jB_k, \qquad F_i = F_0 - 2B_iC_i, \qquad G_i = B_iD - C_jC_k$$

et je remarque que, quel que soit i,

$$F_i^2 - 4E_iG_i = \Delta, \tag{2}$$

Δ étant le discriminant ci-dessus défini.

Cela dit, u et v représentant des coordonnées parallèles de droites, je pose

$$\begin{cases} u = Af_1f_2 + B_1f_2 + B_2f_1 + C_3, \\ v = B_3f_1f_2 + C_1f_1 + C_2f_2 + D, \end{cases} \tag{3}$$

ce qui revient à écrire l'équation (1) sous la forme

$$uf_3 + v = 0, \tag{α_3}$$

et, par suite, à faire correspondre à la variable α_3 une échelle rectiligne portée par l'axe des origines.

Éliminons maintenant successivement f_1 et f_2 entre les équations (3). Un calcul facile montre, eu égard aux notations ci-dessus définies, que le résultat de l'élimination de f_1 peut s'écrire

$$E_2f_2^2 + (B_3u - Av - F_2)f_2 + C_1u - B_2v + G_2 = 0. \tag{α_2}$$

L'équation (α_1) s'obtiendrait par le simple changement de l'indice 2 en l'indice 1; et, comme ces équations sont du second degré en f_2 ou f_1, les supports des systèmes (α_2) et (α_1) sont des coniques. Reste à faire voir que *ces coniques coïncident*.

Or, le support du système (α_2) a pour équation

$$(B_3u - Av - F_2)^2 - 4E_2(C_1u - B_2v + G_2) = 0,$$

qui peut s'écrire, eu égard à (2),

$$(B_3u - Av)^2 - 2(F_2B_3 + 2E_2C_1)u + 2(AF_2 + 2E_2B_2)v + \Delta = 0.$$

Le premier et le dernier terme sont indépendants de l'indice 2. D'autre part, on a, en tenant compte des valeurs écrites plus haut,

$$F_2B_3 + 2E_2C_1 = B_3(F_0 - 2B_1C_1 - 2B_2C_2) + 2AC_1C_2,$$
$$AF_2 + 2E_2B_2 = AF_0 - 2B_1B_2B_3,$$

et ces valeurs ne changent pas quand on permute les indices 1 et 2. La seconde partie du théorème de M. Clark se trouve ainsi démontrée.

Je dois ajouter que, d'après sa communication de Cherbourg, M. Clark a, dans son Mémoire encore inédit, obtenu des résultats beaucoup plus généraux visant non seulement les équations de genre nomographique 0, dont le type est l'équation (1) ci-dessus, mais encore celles dont le genre nomographique est plus élevé (1).

J'ai d'ailleurs rencontré, dans mon *Traité de Nomographie* (p. 198), une équation particulière de genre non nul, qui fournit un exemple de ces nomogrammes à supports coniques confondus.

MÉCANIQUE. — *Sur le résultat de l'étude expérimentale d'un ventilateur centrifuge.* Note de MM. **Henri** et **Léon Bochet**, présentée par M. R. Zeiller.

L'expérimentation faite en 1886, sur la demande d'une société industrielle de constructions mécaniques, d'un ventilateur centrifuge aspirant du système Capell, alors peu connu en France, mais déjà appliqué en Angleterre et en Allemagne, a donné quelques résultats intéressants que la présente note a pour but de faire connaître succinctement.

Ce ventilateur était établi sur des principes à peu près inverses de ceux qui sont généralement admis : pas d'enveloppe ni de cheminée évasée, ailes en petit nombre chassant l'air par leurs faces convexes et présentant un profil brisé par un élément intermédiaire, d'amplitude notable, de cylindre de révolution. Il était présenté cependant, par son inventeur, comme donnant un rendement mécanique non seulement supérieur à celui des meilleurs ventilateurs alors connus, mais tout à fait paradoxal, dépassant notablement l'unité et atteignant, dans certaines expériences, jusqu'à 1,48.

(1) Sur la définition du genre nomographique, voir *Bull. des Sc. math.*, 2e série, t. XXVI, 1902, p. 71.

L'expérimentation a été faite par observations manométriques au moyen de tubes de petit diamètre, dont les orifices étaient disposés l'un normalement à l'axe de rotation de l'appareil et, par conséquent, à la direction moyenne du courant d'air aspiré, les deux autres parallèlement au plan méridien local de l'appareil. La dépression locale était donnée par la moyenne des indications des deux derniers, et la vitesse longitudinale résultait de la comparaison entre la dépression ainsi déterminée et l'indication du premier tube. Des groupes semblables de trois tubes étaient disposés en divers points de l'orifice circulaire d'entrée de l'air ; les résultats fournis par chacun d'eux étaient tenus pour applicables à tous les points situés à même distance du centre et la totalisation faite sur cette base par intégration graphique.

Des observations analogues ont été faites à la périphérie du ventilateur pour déterminer les conditions dans lesquelles l'air était rejeté dans l'atmosphère, et aussi dans lesquelles une certaine quantité en était aspirée par le jeu existant entre la turbine et les flasques fixes de l'appareil. Mais là, un quatrième tube manométrique, perpendiculaire aux trois autres, a été employé, parce qu'il était nécessaire de déterminer non seulement la projection de la vitesse sur une direction fixe, mais la vraie valeur absolue de cette vitesse elle-même, qu'on ne pouvait plus, comme à l'entrée, déduire de la valeur de la dépression, celle-ci n'étant plus la cause productrice du mouvement.

L'ensemble des résultats obtenus se vérifiait par la concordance du total des volumes d'air entrant et des volumes sortant. Chaque observation était d'ailleurs accompagnée de relevés précis de la température, de la pression barométrique, de la vitesse de rotation du ventilateur et du travail moteur transmis à son axe. Il en a été fait un grand nombre, les unes avec l'ouïe entièrement libre, les autres avec l'ouïe précédée d'ajutages tronconiques rétrécissant plus ou moins l'orifice d'entrée de l'air dans l'appareil et donnant l'image des orifices équivalents auxquels on a coutume de comparer les diverses exploitations minières.

Le principal résultat des expériences ainsi faites a été la confirmation de l'assertion, en apparence paradoxale, formulée sur le rendement mécanique du ventilateur : ce rendement, directement déduit des résultats d'expérience dans le cas d'orifice d'aspiration égal à l'ouïe, s'est élevé, dans ce cas, jusqu'à 1,245. L'expérimentation n'était pas disposée de manière à le mesurer directement à l'entrée des divers orifices rétrécis placés devant l'ouïe ; mais la discussion de l'ensemble des résultats obtenus permet de conclure qu'il y dépasse souvent la valeur ci-dessus et qu'il s'élève très probablement, quand l'orifice d'entrée a une superficie égale aux 3/4 de celle de l'ouïe, jusqu'aux environs de 1,67.

Il est bien entendu, d'ailleurs, qu'il ne s'agit là que du rapport, au travail moteur, de la demi-force vive de l'air à son passage dans l'orifice d'entrée dans le ventilateur,

passage qui ne constitue qu'un stade intermédiaire entre l'état de l'air immobile dans l'atmosphère où il est aspiré et celui dans lequel il y est finalement rejeté par le ventilateur; c'est évidemment et exclusivement la demi-force vive qu'il possède à ce dernier moment qui constitue le produit définitif de la transformation du travail moteur, et l'expérience a bien montré, comme on devait s'y attendre, que le rapport de cette demi-force vive au travail moteur, rapport qui est le véritable rendement mécanique de l'appareil, était toujours inférieur à l'unité; il n'a jamais dépassé 0,60 environ, le surplus de la force vive d'entrée ayant été restitué dans l'intérieur de la turbine par la réaction de l'air aspiré sur les faces concaves des ailes.

La constatation expérimentale que l'air mis en mouvement possède dans certaines circonstances et en certains points de son trajet une demi-force vive supérieure de beaucoup (probablement de plus de moitié) au travail moteur semble néanmoins curieuse et intéressante à signaler.

Dans l'ensemble des expériences, la force motrice F sur l'arbre a varié de 0,77 à 5,23 chevaux-vapeur et le poids spécifique δ de l'air de 1,173 à 1,243. Dans ces limites, la vitesse de rotation a été proportionnelle à $F^{\frac{1}{3}}.\delta^{-\frac{1}{2}}$; les dépressions locales (très variables d'un point à l'autre de l'ouïe, et ce d'autant plus que l'orifice d'admission était moins rétréci) et leur moyenne se sont montrées proportionnelles à $F^{\frac{2}{3}}.\delta$; enfin, les vitesses longitudinales locales, très variables aussi dans les mêmes conditions, ont été proportionnelles à $F^{\frac{1}{3}}$ (elles doivent l'être aussi à $g^{\frac{1}{2}}$) et indépendantes de δ. Les coefficients de proportionnalité sont des fonctions de la grandeur de l'orifice rétréci d'admission x, parmi lesquelles celle afférente à la vitesse longitudinale moyenne et, par conséquent, au débit total, peut se représenter, avec une approximation suffisante pour la pratique, par une formule parabolique du 3e degré

$$c_v = ax + bx^2 - cx^3.$$

Une autre conclusion que les déductions tirées des résultats expérimentaux laissent entrevoir, sans d'ailleurs que l'organisation des expériences, faites dans un but spécial, ait permis de la vérifier et préciser directement, c'est que le coefficient de contraction d'une veine gazeuse aspirée par un orifice en mince paroi, pour lequel on admet généralement la valeur uniforme 0,65, pourrait bien varier dans des limites étendues *avec la grandeur même du dit orifice*, atteignant des valeurs voisines de 0,80 pour des orifices supérieurs à 1^{dm^2} et s'abaissant, au contraire, beaucoup pour les petits orifices, jusqu'à tendre vers une valeur voisine de 0,40 pour un orifice infiniment petit.

ÉLECTRICITÉ. — *Galvanomètre à cadre mobile pour courants alternatifs.* Note de M. **Henri Abraham.**

On peut mesurer des courants alternatifs de l'ordre du centième de microampère avec un galvanomètre à cadre mobile dont le champ magnétique est créé par un électro-aimant excité par un courant alternatif de même fréquence. Pour les mesures très délicates, il peut être bon d'actionner cet électro-aimant au moyen d'un petit transformateur auxiliaire bien isolé.

Description de l'appareil. — L'appareil a été réalisé avec la collaboration de M. J. Carpentier, et nous avons aussi entrepris la construction d'un modèle moins sensible destiné à diverses mesures industrielles.

La disposition générale est celle d'un galvanomètre d'Arsonval ordinaire. L'électro-aimant, en forme de couronne horizontale, est à pôles saillants intérieurs. Entre ces deux pôles se trouve placé le noyau de fer cylindrique, également feuilleté. Les différentes parties de l'appareil sont isolées à l'ébonite.

Les fuites magnétiques de l'électro-aimant alternatif induisent dans les pièces métalliques fixes de l'appareil des courants qui tendent à réagir sur le circuit du cadre. S'il y a quelque dissymétrie dans la construction, le cadre mobile sera donc légèrement entraîné d'un côté ou de l'autre comme dans un champ tournant. On ne peut pas faire qu'il n'y ait aucune dissymétrie, mais il est facile de supprimer, une fois pour toutes, l'effet d'entraînement dont il vient d'être question, en plaçant dans l'entrefer une petite lame de métal convenablement orientée.

Couple directeur électrique. Sa suppression. — L'électro-aimant étant excité, si l'on ferme le circuit du galvanomètre sur une résistance faible, on voit le cadre mobile se fixer violemment dans la position où il n'est traversé par aucun flux. Si on l'écarte de cette position, il y est ramené par un couple directeur puissant qui s'ajoute au couple de torsion du fil. Il semble donc que la sensibilité de l'appareil doive se trouver énormément réduite.

Ce couple directeur provient du courant induit dans le cadre par le flux alternatif. Si ce courant était exactement en quadrature avec le champ, il ne produirait aucune déviation ; le couple observé est dû au retard de phase que la self-induction du cadre impose au courant. Pour faire disparaître le couple, il n'y a qu'à faire disparaître le retard de phase.

Or, ceci est facile à obtenir. On met *en série* avec le cadre mobile

une capacité shuntée par une résistance réglable. Cette deuxième partie du circuit avance la phase du courant, et, pour une valeur convenable de la résistance, en fait disparaître le retard de phase et, en même temps, le couple directeur.

On peut remarquer que la compensation est ainsi faite une fois pour toutes, et que le circuit du cadre mobile, suivi de la capacité shuntée, n'intervient plus que par sa résistance (1).

Sensibilité obtenue. — Le cadre mobile a, par exemple, une résistance de 200 ohms et une période d'oscillation de 10 secondes. La compensation du couple directeur est obtenue par la mise en circuit de un demi-microfarad shunté par une résistance de 330 ohms. Le galvanomètre, fermé sur une résistance de 2000 ohms, est apériodique et son zéro est stable, à moins de un demi-millimètre près, l'échelle étant à un mètre de l'appareil. Dans ces conditions, la sensibilité est de 275 millimètres par micro-ampère.

Remarque. — Lorsque l'on fait le réglage de la compensation du couple directeur électrique, il peut être intéressant d'exagérer l'action de la capacité de réglage, de manière à mettre le courant induit dans le cadre en avance sur la force électro-motrice. Au lieu d'un couple directeur, on a alors un couple d'instabilité qui se retranche du couple de torsion du fil, et l'on arrive à ce résultat paradoxal d'obtenir une sensibilité plus grande que ne le comporte la torsion du fil.

Dans l'expérience précédente, par exemple, si l'on porte de 330 à 340 ohms la résistance qui shunte la capacité compensatrice, la sensibilité atteint 400 millimètres par micro-ampère.

Physique. — *Sur les spectres des alliages.* Note de MM. **J. de Kowalski** et **P. B. Huber**, présentée par M. E. H. Amagat.

C'est en étudiant l'influence de la self-induction sur les spectres de la décharge oscillante, entre électrodes en alliages métalliques, que nous avons

(1) Une capacité C shuntée par une résistance R compense une self-induction L donnée par la formule

$$L = \frac{CR^2}{1 + \omega^2 C^2 R^2}.$$

Si donc on met dans le circuit du cadre mobile une self-induction inconnue, la mesure de la résistance de réglage fera connaître la valeur de cette self-induction. Le procédé est très commode pour la mesure à un pour cent près des coefficients de self-induction, à partir de quelques millièmes de Henry.

observé un phénomène qui nous paraît assez intéressant pour être signalé. On sait, d'après les recherches de Schuster et Hemsalech, qu'en intercalant une self-induction dans le circuit de la décharge oscillante d'un condensateur, on fait disparaître dans le spectre de la décharge non seulement les lignes de l'air, mais aussi certaines lignes du métal formant les électrodes.

Ce phénomène s'explique, soit par l'abaissement de la température moyenne dans la décharge, soit en admettant avec J. J. Thomson que l'émission de la lumière par un système corpusculaire faisant partie d'un atome n'a lieu que si la valeur de l'énergie intérieure du système dépasse un certain minimum. Si donc l'atome fait partie d'un milieu traversé par le courant électrique, comme cela a lieu dans une décharge, cette énergie intérieure serait une fonction exponentielle du temps et des paramètres qui dépendent de l'intensité du courant, ainsi que des propriétés du milieu dans lequel se trouve l'atome.

On pourrait donc s'attendre à ce que l'influence de la self-induction pût se manifester d'une façon différente selon que les électrodes seraient en métal pur ou bien en alliage, et cela parce que le milieu ambiant du système émettant la lumière est différent dans les deux cas.

Les faits que nous avons observés confirment cette prévision.

Notre circuit de décharge était composé : 1° d'une batterie de condensateurs ayant une capacité d'environ 0,003 microfarades et d'un circuit très peu inductif formé du déchargeur et de fils qui le reliaient aux condensateurs; 2° de la même batterie de condensateurs, plus une bobine d'induction, sans noyau de fer, ayant une valeur de self-induction d'environ 0,1 henry. La distance explosive était dans toutes les expériences égale à 8^{mm}.

Les photographies du spectre ont été faites avec un spectrographe construit sur les indications de l'un de nous et possédant une lentille de Cornu en quartz, ainsi que des objectifs achromatisés par la combinaison des lentilles en quartz et en spathfluor. On obtenait ainsi sur une seule plaque des photographies très nettes dans toute l'étendue du spectre, depuis les raies vertes jusqu'aux raies ultraviolettes de Cornu (environ 2000 A.).

Sans la self-induction, le temps de pose était de 30 secondes. Avec la self-induction, la pose durait toujours dix minutes. Les alliages que nous avons étudiés étaient le cuivre-magnésium et le cuivre-zinc; nous avons étudié également les métaux purs entrant dans la composition de ces alliages.

L'étude des photographies de spectres nous permet de résumer les faits de la façon suivante :

1. En intercalant la self-induction dans le circuit de la décharge, on fait

disparaître, dans le cas des électrodes en métal pur, un plus grand nombre de lignes du spectre que dans le cas des électrodes en alliage;

2. Les lignes qui n'ont pas disparu dans le spectre des alliages sont les mêmes pour l'alliage du cuivre-zinc que du cuivre-magnésium et appartiennent au cuivre;

3. Leurs longueurs d'onde, exprimées en unités Angström, sont les suivantes :

2392,8; 2441,7; 2492,2; 2618,5; 2824,5;
2961,2; 3010,9; 3036,1; 3194,1;

4. Toutes ces lignes ont été observées dans le spectre de l'arc par Kayser et Runge, sauf toutefois la ligne 2824,5. Dans nos photographies, cette ligne est très faible, mais peut être mesurée avec précision.

Les phénomènes décrits, et qui peuvent être, comme nous l'avons dit, déduits des idées de J. J. Thomson, pourraient cependant être aussi expliqués en admettant que la température moyenne dans la décharge oscillante entre électrodes en alliage est supérieure à celle qui existe dans la décharge analogue entre électrodes en cuivre pur. Il faudrait pour cela admettre que la température de vaporisation de l'alliage est supérieure à celle du métal pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des ββ diméthyl et ββε triméthyl piméliques.* Note de M. **G. Blanc**, présentée par M. A. Haller.

L'acide ββ diméthylpimélique possède dans l'histoire des composés terpèniques une importance égale à celle des acides αα et ββ diméthylglutariques et adipiques. En effet, il constitue le produit de dégradation le plus proche de la tétrabydroeucarvone, fait qui conduit à la constitution de cette cétone (1) :

CH^3 — CH ; CH^2, CO ; CH^2, CH^2 ; CH^2 — $C < \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$ ⟶ CO^2H ; CH^2, CO^2H ; CH^2, CH^2 ; CH^2 — C $\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$

(1) BAEYER, *D. ch. Ges.*, t. XXXI, p. 2073; O. WALLACH, *Lieb. Ann.*, t. CCCXXXIX, p. 94.

Il était donc intéressant de fixer par synthèse la constitution même de cet acide ββ diméthylpimélique. Je l'ai effectué au moyen d'une méthode très analogue à celle qui m'a servi à réaliser la synthèse de plusieurs acides bibasiques (1).

L'anhydrite ββ diméthylglutarique est réduit par le sodium et l'alcool absolu en une lactone (2).

Cette lactone, traitée par le pentabromure de phosphore, est transformée en bromure d'acide δ bromé qu'un traitement ultérieur par l'alcool absolu convertit en éther δ bromo ββ diméthylvalérique.

$$
\begin{array}{c}
CH^3 \quad CH^3 \\
\diagdown\;\diagup \\
C \\
CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\
| \qquad\quad | \\
CO \diagdown \quad \diagup CO \\
O
\end{array}
\longrightarrow
\begin{array}{c}
CH^3 \quad CH^3 \\
\diagdown\;\diagup \\
C \\
CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\
| \qquad\quad | \\
CH^2 \diagdown \quad \diagup CO \\
O
\end{array}
$$

$$
\longrightarrow
\begin{array}{c}
CH^3 \quad CH^3 \\
\diagdown\;\diagup \\
C \\
CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\
Br.CH^2 \;| \qquad | \; CO^2C^2H^5
\end{array}
$$

Cet éther δ bromé, qui se forme avec de bons rendements, est un liquide mobile, d'une odeur tenace, bouillant à 119° (10mm). L'acide correspondant cristallise dans l'éther de pétrole en gros prismes fusibles à 58°.

L'éther bromé se condense avec l'éther malonique sodé, en donnant un éther tricarburé dont la saponification par l'acide chlorhydrique conduit à l'acide ββ diméthylpimélique.

$$
\begin{array}{c}
CH^3 \quad CH^3 \\
\diagdown\;\diagup \\
C \\
CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\
Br.CH^2 \;| \qquad | \; CO\,C^2H^5
\end{array}
+ NaCH \begin{array}{l} \diagup CO^2C^2H^5 \\ \diagdown CO^2C^2H^5 \end{array} = NaBr
$$

(1) *Bull. Soc. chim.* (3), t. XXXIII, p. 879.
(2) *Ibid.*

$$+\ \begin{array}{c} CH^3\quad CH^3 \\ \diagdown\ \diagup \\ C \\ CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\ | \qquad\qquad | \\ CH^2 \diagdown \qquad CO.C^2H^5 \\ CH \\ \diagup\ \diagdown \\ C^2H^5.CO^2 \quad CO^2.C^2H^5 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} CH^3\quad CH^3 \\ \diagdown\ \diagup \\ C \\ CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\ | \qquad\qquad | \\ CH^2 \diagdown \qquad CO^2H \\ CH^2 \\ | \\ CO^2H \end{array}$$

La condensation s'opère assez mal à la pression ordinaire, très facilement, au contraire, en autoclave à 100°, avec un bon rendement. L'éther tricarboné bout à 180° (7^{mm}).

Il est aisément saponifié par la potasse alcoolique; mais l'acide correspondant ne peut pas être isolé parce qu'il se produit en même temps séparation partielle d'un groupe carboxyle avec production finale d'un mélange des acides bi et tricarboxylés, mélange qui est incristallisable. Chauffé à 180°, il fournit d'ailleurs l'acide ββ diméthylpimélique à l'état pur. On a trouvé plus simple de chauffer directement l'éther tricarboné avec de l'acide chlorhydrique, la séparation de l'acide n'offrant aucune difficulté à cause de son peu de solubilité dans l'eau. Cet acide cristallise en belles aiguilles fusibles à 104°. Léser indique également ce point de fusion pour l'acide dérivé de la cycloacétylméthylhepténone (1).

La condensation de l'éther ββ diméthyl δ bromovalérique avec le méthylmalonate d'éthyle sodé fournit par une réaction analogue un éther tricarboné bouillant à 180-182 (7^{mm}). L'acide correspondant

$$\begin{array}{c} CH^3\quad CH^3 \\ \diagdown\ \diagup \\ C \\ CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\ | \qquad\qquad | \\ CH^2 \diagdown \qquad CO^2H \\ C - CH^3 \\ \diagup\ \diagdown \\ CO^2H \quad CO^2H \end{array}$$

s'obtient sans difficulté. Il est peu soluble dans l'eau et fond à 163°. Chauffé

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. XXI, p. 549.

à 180°, il se transforme quantitativement en acide ββε triméthylpimélique avec perte de CO^2.

Cet acide triméthylpimélique

$$
\begin{array}{ccccc}
 & CH^3 & & CH^3 & \\
 & & \diagdown\diagup & & \\
 & & C & & \\
CH^2 & \diagup & & \diagdown & CH^2 \\
| & & & & | \\
CH^2 & \diagdown & & & Co^2H \\
 & & CH - Co^2H & & \\
 & & | & & \\
 & & CH^3 & &
\end{array}
$$

est très peu soluble dans l'eau, plus facilement dans l'acide formique dilué ; il fond à 55-56°.

MINÉRALOGIE. — *Sur la composition chimique de la glauconie.* Note de MM. **Léon W. Collet** et **Gabriel W. Lee**, du « Challenger Office », présentée par M. Michel Lévy.

Les savants qui ont traité de la composition chimique de la glauconie peuvent se diviser en deux groupes : les uns ont étudié la glauconie des roches sédimentaires, les autres celle qui se forme actuellement au fond de la mer.

Ce minéral se formant sur le fond des mers actuelles, c'est évidemment de la glauconie actuelle qu'il faut partir pour arriver à l'explication de sa formation.

Le plus récent travail qui traite de cette question est celui de MM. Calderon et Chaves (1), de Madrid. Ces savants, basant leurs recherches sur une analyse déjà ancienne de glauconie du crétacique inférieur de Villers-sur-Mer, faite par Pisani (2), réussirent à produire artificiellement un *silicate ferro-potassique* jouissant des mêmes propriétés physiques. La proportion de *fer ferreux* à la silice dans l'analyse qui a

(1) *Contribuciones al estudio della glauconita* (*An. Soc. espan. de Hist. nat.*, vol. XXIII, t. III. Madrid, 1894.)

(2) In GÜMBEL, *Ueber die Natur und Bildungsweise des Glaukonits.* (*Sitz. d. Math. Phys. Clas. d. K. Akad. Wissen.* München, 1886.)

servi de type à MM. Calderon et Chaves est de 20,1 à 54,1; elle est de 20,4 à 50,1 dans le minéral qu'ils produisirent par voie synthétique.

Comme l'ont fait remarquer judicieusement MM. Murray et Renard, puis M. Lacroix, le peu de concordance qui existe entre les différentes analyses de glauconie provient du fait qu'on a généralement opéré sur du matériel impur, ce minéral étant très difficile à isoler.

Ayant eu la bonne fortune de rencontrer parmi les collections de Sir John Murray au « Challenger Office » (1) un échantillon de glauconie marine de parfaite fraîcheur et ne contenant pour toute impureté que du quartz, après avoir séparé ce dernier au moyen de l'électro-aimant, nous avons fait une analyse quantitative qui nous a donné les résultats suivants :

SiO^2	=	47,46 %
Fe^2O^3	=	30,83
Al^2O^3	=	1,53
MnO^2	=	traces
FeO	=	3,10
MgO	=	2,41
K^2O	=	7,76
H^2O	=	7,00
		100,09

Ce qui frappe tout de suite dans cette analyse, *c'est la forte teneur en fer ferrique et le rôle tout à fait subordonné du fer ferreux*. Cela ne doit pas être considéré comme un cas particulier, étant donné que dans toutes les analyses du « Challenger » (2) le rapport du fer ferrique au fer ferreux est sensiblement le même, de même que pour une analyse de glauconie de la « Gazelle » donnée par M. Gümbel (3).

Il résulte donc que la glauconie actuelle est un silicate ferrique et non ferreux qui a pu subir au sein des assises sédimentaires des transformations nombreuses.

MM. Calderon et Chaves ont donc, par leur synthèse, reproduit un minéral qui est identique à une glauconie de roches sédimentaires, très vraisemblablement métamorphosée par suite de réductions; cette synthèse ne peut,

(1) Ce matériel fut dragué, en 1873, par le « *M. S. S. Tuscarora* » à une profondeur de 317 mètres au point Lat. N. 38°32', Long. W. 123°24'.

(2) *Challenger Reports*, vol. *Deep sea deposits*.

(3) Gümbel, *op. cit.*

d'autre part, donner la clef du problème de la *genèse* de ce minéral au sein des mers actuelles, comme ces auteurs ont cru pouvoir le faire.

Nous donnerons prochainement le résultat de nos recherches sur la glauconie et montrerons qu'on peut suivre pas à pas, avec le microscope et l'analyse chimique, l'évolution de ce minéral remplissant les chambres de Foraminifères. Cette évolution comporte trois stades : 1° le stade argileux ou silicate d'alumine; 2° le stade silicate ferrique de couleur brun foncé, avec de très faibles proportions d'alumine; 3° la glauconitisation par apport de potasse.

La présente note a surtout pour but de faire remarquer *que la glauconie marine est un silicate essentiellement ferrique et qu'il est impossible d'expliquer sa formation en se basant sur l'étude de la glauconie des roches sédimentaires*, cette dernière, comme le fait pressentir M. Cayeux (1), ayant pu subir de nombreuses transformations.

GÉOLOGIE. — *Sur la grande nappe de recouvrement de la Sicile.* Note de MM. **Maurice Lugeon** et **Emile Argand**, présentée par M. Michel Lévy.

Une grande nappe de recouvrement, plus ou moins compliquée par des digitations ou des nappes secondaires, s'est étendue sur toute la Sicile occidentale, ainsi que nous l'avons établi dans une note précédente (2).

Il nous reste à tirer les conséquences de cette hypothèse dont l'intérêt théorique peut être considérable.

1° *La nappe vient du nord*, ainsi qu'en témoignent plusieurs plongées des digitations de la nappe dans les argiles de l'Eocène moyen, et ainsi que cela découle de la construction des profils.

2° Toutes les fois que l'on peut examiner le substratum des lambeaux de recouvrement, nous constatons qu'il est formé par les argiles de l'Eocène moyen. C'est un fait constant, aussi bien dans les environs de Palerme qu'à l'extrémité actuelle de la nappe à Sciacca, sur le versant sud de l'île. Même quand les lambeaux sont entourés par les dépôts miocènes, il est rare que l'on n'aperçoive pas dans les environs immédiats des argiles de l'Eocène dans des conditions d'affleurement souvent étranges.

---

(1) *Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires.* Lille, 1897.

(2) *Comptes Rendus*, t. CXLII, 23 avril 1906.

L'Eocène, dit inférieur, des géologues siciliens, à grandes nummulites, a participé au charriage, ainsi qu'on peut le constater dans les Madonie, dans le M. Barafo, au sud de Corleone, dans le M. Pellegrino, etc.

Les argiles de l'Eocène moyen recouvrent en bien des points les masses charriées. Plusieurs lambeaux de la nappe semblent alors n'être plus que d'immenses lentilles noyées dans ces argiles et sans attache avec leurs voisines. L'aspect discontinu des lambeaux est probablement originel. A ce titre, la nappe sicilienne se serait déroulée avec un mode spécial, connu cependant dans les Alpes, telle la vaste lentille du Falknis et celles qui caractérisent la nappe des calcaires de Hallstadt.

Ce serait comme une immense coulée, du nord vers le sud, d'une masse considérable d'argile éocène entraînant avec elle les lentilles de calcaire secondaire. Le gisement célèbre de calcaire carbonifère de Palazzo Adriano repose sur l'Eocène moyen. C'est le seul fragment primaire (et combien petit) conservé à la base des masses charriées.

La disposition en lentilles immenses paraît être le mode caractéristique de la nappe pour de grands lambeaux situés entre Corleone et Sciacca.

Les argiles de l'Eocène moyen enveloppaient donc entièrement la nappe de charriage. Elle est, en conséquence, postérieure à leur sédimentation. Les argiles de l'Eocène supérieur, presque toujours en replis serrés dans celles de l'Eocène moyen, nous laissent croire que la nappe s'est déroulée pendant les temps de l'Eocène supérieur.

Cependant, plusieurs masses de terrains secondaires, formant presque toujours des sommets, ou occupant les lignes de faîtes, sont entièrement entourées par les argiles sableuses du Miocène supérieur, tels le M. Maranfusa et le Galliello, à l'ouest de Corleone. Les petits lambeaux crétaciques qui parsèment la région tortonienne entre Aragona et Girgenti sont dans des positions analogues, mais quelques-uns sont accompagnés par des argiles de l'Eocène moyen. On pourrait croire que les phénomènes mécaniques, créateurs de la nappe, se sont perpétués jusque durant le Tortonien. Nous ne pouvons nous prononcer sur cette hypothèse, faute d'observations.

3° La grande nappe de charriage, originellement morcelée en lentilles, a été victime des transgressions dès le Miocène. Ainsi, au Cap S. Vito, l'Helvétien repose en discordance sur du Lias d'une région charriée.

Toute la nappe et sa couverture éocène ont été entièrement enfouies sous les sédimentations des transgressions miocènes et en partie recouvertes par les dépôts pliocènes. On constate même que le Miocène a pénétré entre les len-

tilles. Telles, pour citer des exemples, les grandes masses de grès burdigaliens qui s'étendent à l'est de Bisacquino jusque près de Prizzi, et ceux de Giardinetta, à l'est de Campofiorito.

4° Ainsi compris, les grands phénomènes de charriage de la Sicile, simples ou formés de plusieurs nappes, s'étendent entre la mer tyrrhénienne et la mer africaine. Au nord de Palerme, la racine est dans les eaux de la mer; au sud, son front est inconnu. C'est donc sur une surface supérieure à cent kilomètres de longueur, compris entre le cap Gallo et les environs de Girgenti, que s'est déroulée cette grande écaille de l'écorce terrestre. Erodée par les eaux miocènes et pliocènes, elle a résisté et a participé aux plissements autochtones.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de phénomènes de charriage antérieurs au Stéphanien dans la région de Saint-Etienne.* Note de MM. **P. Termier** et **G. Friedel**, présentée par M. Michel Lévy.

Il y a plusieurs années, l'un de nous, en collaboration avec M. E. Coste, puis avec M. A. Bachellery, ingénieurs des mines, a constaté l'existence en beaucoup de points, au-dessous du terrain houiller de Saint-Etienne, d'une formation singulière qui d'abord a été décrite à tort comme un sédiment granitisé par place avant le dépôt du Houiller. Nous avons repris l'étude de cette formation et avons pu établir d'une manière certaine sa véritable nature : c'est une nappe de roches diverses, le plus souvent écrasées, où domine un granite réduit par laminage à une bouillie presque amorphe, et qui témoigne de vastes phénomènes de charriage antérieurs au Stéphanien.

Nous ne signalerons dans cette note que les faits principaux, dès maintenant acquis, réservant pour une description ultérieure plus étendue les détails que comporte la démonstration de nos conclusions.

La nappe en question est surtout observable dans la partie occidentale du bassin houiller, sur ses bords Sud et Ouest. Elle forme, entre le terrain houiller et les micaschistes en place, une bande presque continue depuis Saint-Etienne jusqu'à Cizeron, sur 27 kilomètres de longueur. Sauf les épaississements locaux dont il sera question, sa puissance ne dépasse généralement pas 30 à 40 mètres. Dans l'ensemble, elle se comporte donc comme le ferait un étage sédimentaire inférieur au Houiller et à peu près concordant avec lui. Les micaschistes sur lesquels elle repose sont au contraire en complète discordance avec le Houiller. Sur le bord Sud notamment, leur direction

moyenne fait un angle de 45° avec celle du synclinal houiller. Il y a donc la même discordance entre les micaschistes en place et la nappe. Bien visible par endroits, la surface de discordance n'est cependant pas, en général, localisée d'une manière bien nette, et n'a rien de commun avec la surface de contact d'un dépôt sédimentaire discordant sur un substratum érodé. Les micaschistes sont froissés et étirés au voisinage. C'est de toute évidence une discordance tectonique.

Au-dessus de la nappe, la base du Houiller, composée en général de poudingues et schistes rouges, repose sur elle par un contact parfaitement net. Dans les poudingues, on trouve des galets de toutes les roches qui constituent la nappe, *toutes dans l'état d'écrasement où elles s'y présentent actuellement*. Il n'est donc pas douteux que la mise en place de cette nappe ne soit antérieure au Stéphanien. Le terrain houiller s'est déposé, en somme, dans une cuvette dont le fond était, sur de vastes espaces, recouvert des restes de la nappe que nous décrivons, discordante sur les micaschistes. Cette nappe, érodée avant et pendant le dépôt du Houiller, a été par endroits complètement enlevée, laissant le Houiller reposer directement sur les micaschistes en place. Ailleurs, elle a été en partie conservée. Généralement sa base, rendue extrêmement dure et compacte par l'écrasement, a seule résisté à l'érosion, tapissant ainsi d'un manteau peu épais le fond de la cuvette houillère. Mais par endroits, sans doute dans les dépressions du sol anté-stéphanien, on retrouve, au dessus des roches écrasées qui accompagnent le contact discordant avec les micaschistes, des témoins parfois très épais de la nappe, sous forme de puissants massifs d'un granite tout particulier, associés à divers termes cristallophylliens que leur faciès aussi bien que leur position discordante séparent des micaschistes inférieurs.

Les parties minces de la nappe, et, partant, la base de celle-ci, sont composées surtout, sur des épaisseurs atteignant parfois 20 et 30 mètres, d'une roche étrange qui, observée la première, a été prise d'abord pour une sorte d'arkose. Le passage graduel de cette roche, présumée sédimentaire, au granite, avait fait conclure à tort à la formation des massifs de granite par granitisation de cette arkose. En réalité, cette roche est un *granite écrasé*, où le microscope montre, nageant dans une pâte aphanitique, souvent presque entièrement isotrope, des débris, de toute forme et de toute grosseur, d'un granite plus ou moins altéré, toujours identique à lui-même, et identique au granite intact auquel la roche écrasée passe, çà et là.

Quant au granite intact, il ne ressemble *en rien* à ceux qui, dans la

région, percent les gneiss et les micaschistes en place. *C'est un granite porphyroïde alcalin, dont les analogies sont avec les granites du Mont-Blanc et du Pelvoux, et non point avec les granites classiques du Massif central.*

Au sud du bassin houiller, dans le pays montagneux où confinent les trois départements de la Loire, de la Haute-Loire et de l'Ardèche, *les montagnes les plus hautes* sont constituées par une roche cristalline très particulière, désignée sous la rubrique *gneiss granulitiques* dans la légende des trois feuilles *Valence*, *Le Puy*, *Saint-Étienne*, de la Carte géologique à 1/80.000. Ces prétendus gneiss sont horizontaux, dans leur ensemble, et se séparent très nettement des granites et des autres gneiss de la région. Déjà en 1898, l'un de nous signalait les phénomènes dynamiques que révèle l'étude microscopique de ces roches, et émettait l'idée qu'il y fallait voir, non pas des gneiss, mais *un granite alcalin écrasé et laminé*, *transporté par charriage à sa place actuelle*.

Cette conclusion n'est plus douteuse aujourd'hui. Les prétendus *gneiss granulitiques* en question appartiennent à la nappe anté-stéphanienne qui s'en va, plus au nord, passer sous le Houiller. Ils proviennent de l'écrasement des mêmes granites alcalins. Ils forment des lambeaux très étendus, puissants de plusieurs centaines de mètres, qui *flottent* sur le Cristallin en place. La nappe en question, probablement complexe, c'est-à-dire formée de plusieurs nappes, semble avoir recouvert une grande partie de la région orientale du Massif central. Nous ne savons point de quel côté chercher son pays d'origine.

M. **Albert Breydel** adresse une note *Sur l'électricité souterraine*.

M. **Grenier** adresse une note *Sur le traitement de l'épilepsie essentielle et sur le traitement abortif de la pneumonie.*

La séance est levée à 4 heures. M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus dans la séance du 17 avril 1906.

A hand-list of the Birds of the Philippine Islands, by Richard C. Mc Gregor and Dean C. Worcester. (Depart. of Interior, Bureau of Govt. Laboratories, nº 36, janvier 1906.) Manille; 1 fasc. in-4º.

Carnegie Institution of Washington. Year Book, nº 4, *1905*, pub. by the Institution. Washington, 1906; 1 vol. in-4º.

Report of the Bureau of Fisheries, 1904, by GEORGE M. BOWERS. Washington, Government printing Office, 1905; vol. in-8º.

Twenty-first annual report of the Bureau of animal Industrie, for the year 1904. Washington, 1905; 1 vol. in-8º.

Bulletin of the Bureau of Fisheries; vol. XXIV, 1904; *George M. Bowers*, commissioner. Washington, 1905; 1 vol. in-4º.

Memoirs of the Museum of comparative Zoologie at Hanward College; vol. XXXIII. Cambridge, Mass.; 1906; 1 vol. in-4º.

Annals of the Lowell Observatory; vol. III : *Observations of the planet Mars during the opposition of 1894, 1896, 1898, 1901 and 1903, made at Flagstaff, Arizona; Percival Lowell*, Director of the Observatory; 1905. 1 vol. in-4º.

Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse; Bd. LXXVIII, 1906; mit 20 Taffeln, 61 Textfiguren und 1 Kartenskizze. Vienne; 1 vol. in-4º.

Précis de Chimie physique, par M. EMM. POZZI-ESCOT. Paris, Jules Rousset, 1906; 1 vol. in-8º. (Hommage de l'auteur.)

L'Electrochimie, revue mensuelle des Sciences et de l'Industrie; Direct. : *Adolphe Minet;* 12e année, nos 1, 2, 3, janvier-mars 1906. Paris, E. Bernard; 1 fasc. in-8º.

Il vero nella matematica, Discorso del Senatore GIUSEPPE VERONESE. Rome, 1906; 1 fasc. in-8º.

Ueber die Konstitution des Aethers und der Elektronen und den Mechanismus der electromagnetischen Vorgänge, von C. BECKENHAUPT. Heidelberg, 1906; 1 fasc. in-8º.

Die Tetraeder-Theorie im Leben, in der Evolution und im Aufbau der Materie, von C. BECKENHAUPT. Heidelberg, 1906; 1 fasc. in-8º.

Die Aetherenergie, von IGNAZ DICKL. Vienne, s. d.; 1 fasc. in-8º.

Die Berechnung der achsialen Aktionsturbinen auf zeichnerischem Wege, von IGNAZ DICKL. Vienne, s. d.; 1 fasc. in-8º.

Zur Effektberechnung von Flugvorrichtungen, von IGNAZ DICKL. Vienne, s. d.; 1 fasc. in-8º.

Radcliffe catalogue of 1772 stars for the epoch 1900, deducted from observations made at the Radcliffe Observatory, Oxford, during the years 1894-1903, under the direction of *Arthur A. Rambaut*. Oxford, 1906; 1 vol. in-4º.

Studien über Meteoriten, vorgenommen auf Grund des Materials der Sammlung der Universitäts Berlin, von C. KLEIN, mit 3 Taffeln. Berlin, 1906; 1 vol. in-4º.

Bericht über die Ergebnisse der Beobachtungen and den Regenstationen des Liv-, Est-Kurländischen Netzes für das Jahr 1901. Jurjew, 1905; 1 fasc. in-8º.

Report of the meteorological council for the year ending 31st. of march 1905, to the President and Council of the Royal Society. Londres, 1906; 1 vol. in-8º.

L'idrografia dei colli Euganei nei sui rapporti colla geologia e la morfologia della regione, del s. c. Luigi de Marchi. (Mem. del R. Instituto Veneto di Sc. Let. ed Arti; vol. XXVII, nº 5.) Venise, 1905; 1 fasc. in-4º.
